

SONDE FÜR ELEKTRISCHE MESSVERFAHREN, INSBESONDERE FÜR WIRBELSTROMMESSUNGEN

Die Erfindung geht aus von einer Sonde für elektrische Messverfahren gemäß dem Gattungsbegriff des Anspruchs 1.

5

Aus der DE 197 48 556 A1 ist eine Sonde für eine Wirbelstrommessung mit einer ferromagnetischen Signalverstärkung bekannt, wobei die Signalverstärkung durch einen starren ferritischen Kern erzeugt wird. Mit einer aus einem starren Substrat, auf dem planare Spulen aufgebracht sind, gebildeten Sonde können nur Prüfkörper mit ebener Oberfläche vermessen werden. Bei unebenen Oberflächen muss die Sonde in ihrer Form einer Oberfläche des Prüfkörpers angepasst sein, anderenfalls ergeben sich falsche Messwerte.

15

Eine Sonde mit Wirbelstrommessung mit ferromagnetischer Signalverstärkung für ebene Prüfkörper ist auch aus der US-PS 6,002,251 bekannt.

20 Aus der US-PS 5,389,876 ist eine Sonde für eine Wirbelstrommessung bekannt, die jedoch nur schwache Signale liefert.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Sonde für elektrische Messverfahren aufzuzeigen, die für verschieden gekrümmte Oberflächen eines Prüfkörpers verwendet werden kann.

25

Die Aufgabe wird dadurch gelöst, dass die Sonde mit dem Substrat dauerelastisch ausgebildet ist.

30 Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Sonde sind in den Unteransprüchen erwähnt.

Die Sonde kann sich Krümmungsradien von z.B. 50mm oder größer anpassen..

35 Vorteilhafterweise wird die Flexibilität dadurch erreicht, dass ein durch eine flexible Folie gebildetes Substrat, für die Sonde vorteilhafterweise Polyimid, verwendet wird.

Vorteilhafterweise sind auf der flexiblen Folie bspw. zwei, insbesondere planare Spulen, insbesondere aus Kupfer, als elektrische Bauelemente, aufgebracht.

5

Die Flexibilität der Sonde bleibt auch durch eine dauerelastische Hinterfütterung der elektrischen Bauelemente erhalten.

- 10 Vorteilhafterweise verwendet man für die Hinterfütterung eine Polymerfolie, die mit einem Ferrit gefüllt ist, so dass vorteilhafterweise eine ferromagnetische Signalverstärkung möglich ist.

Ebenso können dünne biegsame Bleche aus Ferrit verwendet werden.

15

Auch eine Vergussmasse mit Ferritteilchen, wobei die Vergussmasse dauerelastisch verformbar ist, kann hier verwendet werden.

20

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen vereinfacht und schematisch dargestellt.

25 Es zeigen:

Figur 1 eine Anordnung von Erreger und Signalspule,

Figur 2 ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Sonde, und

Figur 3 ein weiteres Ausführungsbeispiel einer  
30 erfindungsgemäß ausgebildeten Sonde.

Figur 1 zeigt eine Erregerspule 4 und eine Signalspule 7 als elektrische Bauelemente in ihrer Anordnung in einer Ebene nach dem Stand der Technik.

- 35 Die Signalspule 7 ist bspw. von der Erregerspule 4 umgeben. Bezüglich des weiteren beispielhaften Aufbaus von Erregerspule 4, Signalspule 7 und eines Auswertungssystems

mit einer Sonde wird auf die DE 197 48 556 A1 verwiesen, die ausdrücklich Bestandteil dieser Offenbarung sein soll.

Die Erreger- und Signalspule 4, 7 sind elektrisch voneinander getrennt. Die Signalspule 7 ist in diesem Beispiel als Differenzsonde ausgelegt. Die Ortsauflösung wird bestimmt durch den Abstand der Schwerpunkte der beiden Teilspulen, der sogenannten Baseline.

Die Erregerwicklung 4 umschließt die Teilspulen der Signalspule 7 bspw. symmetrisch, so dass eine Kompensation des Erregerfeldes gewährleistet ist. Somit liegen die Erregerwicklung 4 und die Signalspule 7 in einer Ebene bzw. auf ein und derselben Oberfläche des Substrats 16. Ausführungsbeispiele für Sonden sind:

- 15 Eine XXL-Sonde hat eine Baseline von 3,3mm, eine Erreger-spule mit 21 Windungen und eine Signalspule mit 8 Windungen. Eine S-Sonde hat eine Baseline mit 2,3mm, eine Erregerspule mit 9 Windungen und eine Signalspule mit 5 Windungen.
- 20 Eine Sonde, die unter anderem aus der Erregerspule 4 und Signalspule 7 besteht, wird in einer Scanrichtung 13, gekennzeichnet durch einen Pfeil, über eine Oberfläche eines Prüfkörpers 10 bewegt (durch gestrichelte Umfangsline angedeutet), wobei die Sonde 1 auf dem Prüfkörper 10 mit einer Auflagefläche 37 (Fig. 2) zur Auflage kommt. Der Prüfkörper 10 enthält beispielsweise Defekte in Form von Rissen, die ein magnetisches Signal der Erregerspule 4 beeinflussen, wodurch die Defekte im Inneren des Prüfkörpers 10 und an dessen Oberfläche festgestellt werden können.

30

Figur 2 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel für eine Sonde 1 für elektrische Messverfahren gemäß vorliegender Erfindung. Als Substrat 16, das direkt auf dem Prüfkörper aufliegt, wird bspw. eine Folie verwendet, die flexibel und bspw. auch elastisch, insbesondere dauerelastisch ist. Vorzugsweise wird eine Polyimidfolie verwendet.

Dauerelastizität bedeutet, dass die mechanische Elastizität zumindest über die Lebensdauer der Sonde 1 erhalten bleibt. Auf dem Substrat 16 sind die Erregerspule 4 und die Signalspule 7 bspw. planar angeordnet, d.h. die Spule besteht nur aus einer Leiterbahn, die nur in einer Ebene verläuft. Die Spulen 4, 7 als elektrische Bauelemente können mittels eines Galvanikprozesses oder eines nasschemischen Verfahrens auf die Folie 16 aufgebracht werden.

Auf dem Substrat 16 und auf bzw. um die Spulen 4, 7 ist beispielsweise, aber nicht notwendigerweise ein Kleber 19 aufgebracht, der eine Hinterfütterung 22 mit dem Substrat 16 verbindet.

Die Hinterfütterung 22 ist elastisch, insbesondere dauerelastisch ausgeführt.

Als Material für die Hinterfütterung 22 wird vorzugsweise ein ferritisches und/oder ein anderes magnetisches (ferromagnetisch, stark paramagnetisch) Material zur Signalverstärkung, insbesondere zur ferromagnetischen Signalverstärkung verwendet bspw. mit einer Permeabilität  $\mu$  bis 100. Durch die Hinterfütterung 22 hindurch führt bspw. zumindest eine elektrische Zuleitung 31 für die Spulen 4, 7 für ein Messsystem gemäss DE 197 48 556 A1.

Als Hinterfütterung 22 kann eine mit Ferritpartikeln befüllte elastische, insbesondere dauerelastische Vergussmasse oder ein gasgefülltes Material, insbesondere Kunststoff oder Gummi, verwendet werden.

Die Polyimidfolie 16 hat beispielsweise eine Dicke von 25  $\mu\text{m}$ , die Kupferspule eine Dicke von 17  $\mu\text{m}$ , der Kleber erstreckt sich über eine Dicke von ca. 30  $\mu\text{m}$ , und die mit Ferrit gefüllte Polymerfolie über eine Dicke von 200 - 600  $\mu\text{m}$ .

Dieser Schichtstapel aus Substrat 16 und Hinterfütterung 22 bleibt hinreichend flexibel, so dass sich der Schichtstapel

verschiedenen Krümmungsradien des Prüfkörpers 10 von z.B. 50mm oder mehr problemlos anpassen lässt.

- 5    Figur 3 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäß ausgebildeten planaren Sonde 1.  
Die Hinterfütterung 22 kann auch durch ein Vergussmaterial 34 gewährleistet sein, in dem Ferritpulver vermischt ist. Der mittlere Durchmesser der Ferritpartikel beträgt z.B. ca.
- 10    10µm. Die Vergussmasse ist und bleibt nach einem Aushärtungsprozess elastisch, insbesondere dauerelastisch verformbar, so dass eine Flexibilität der Sonde 1 dauerhaft gewährleistet ist.
- 15    Die Sonde 1 ist so groß gestaltet, dass sie den gesamten zu überprüfenden Bereich des Prüfkörpers 10, beispielsweise eine Mulde, wie in Figur 3 beispielsweise dargestellt ist, abdeckt, so dass der zu überprüfende Bereich in einem Scan, also durch einmaliges Verfahren der Sonde 1 überprüft wird.
- 20    Solche Mulden treten beispielsweise bei tannbaumförmig ausgestalteten Schaufelfüßen einer Turbinenschaufel auf.
- Als elektrisches Messverfahren kann die Sonde 1, die zwei
- 25    Spulen 4, 7 oder nur eine Spule sowie eine ferromagnetische Signalverstärkung 22 aufweist, zur Wirbelstrommessung genutzt werden, das beispielsweise dazu dient Defekte an metallischen Bauteilen 10 zu detektieren.

## Patentansprüche

1. Sonde (1) für elektrische Messverfahren,  
die ein Substrat (16) aufweist,  
5 auf dem zwei elektrische Bauelemente (47) aufgebracht  
sind,  
die zur Auflage auf einem Prüfkörper (10) kommen,  
wobei die Sonde (1) mit dem Substrat (16) so flexibel ist,  
dass die Sonde (1) mit dem Substrat (16) sich  
10 verschiedenen Krümmungsradien des Prüfkörpers (10)  
anpassen kann,  
  
dadurch gekennzeichnet,  
  
15 dass die Sonde (1) eine Hinterfütterung (22) aufweist,  
die zumindest ein elektrisches Bauelement (4, 7) zumindest  
teilweise abdeckt, und  
die (22) elastisch, insbesondere dauerelastisch  
ausgebildet ist,  
20 dass die Sonde (1) eine Erregerwicklung (4) als erstes  
elektrisches Bauelement und eine Signalspule (7) als  
zweites elektrisches Bauelement umfasst,  
dass die Erregerwicklung (4) die Teilspulen der  
Signalspule (7) umschließt,  
25 dass die Sonde (1) zumindest eine Baseline von 2,3 mm  
aufweist und  
dass die Erregerspule (4) mindestens neun Windungen und  
die Signalspule (7) mindestens fünf Windungen aufweist.  
  
30  
2. Sonde nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
  
das Substrat (16) eine flexible Folie ist.  
35

3. Sonde nach Anspruch 2,  
dadurch gekennzeichnet, dass
- die Folie (16) aus Polyimid gebildet ist.
- 5
4. Sonde nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass
- 10 die Hinterfütterung (22) durch ein elastisches,  
insbesondere dauerelastisches Blech aus einem ferritischen  
Material gebildet ist.
- 15 5. Sonde nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass
- die Hinterfütterung (22) durch eine elastische,  
insbesondere dauerelastische Vergussmasse (34),  
20 insbesondere mit Ferritteilchen gefüllt,  
gebildet ist.
6. Sonde nach Anspruch 1,  
25 dadurch gekennzeichnet, dass
- die Sonde (1) zumindest eine Spule (4, 7) als elektrisches  
Bauelement aufweist, die planar auf dem Substrat (16)  
angeordnet sind.
- 30
7. Sonde nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass
- 35 die Sonde (1) eine Sonde (1) für eine Wirbelstrommessung  
ist.

8. Sonde nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass
- 5 die Sonde (1) eine ferromagnetische Signalverstärkung (22) aufweist.
- 10 9. Sonde nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass
- die Sonde (1) Krümmungsradien von bis zu 50mm anpassbar ist.
- 15 10. Sonde nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass
- 20 die Hinterfütterung (22) ein gasgefülltes Material ist.
11. Sonde nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass
- 25 die Erregerspule (4) und die Signalspule (7) in einer Ebene angeordnet sind.
- 30 12. Sonde nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass
- mit der Sonde (12) der gesamte zu überprüfende Bereich abgedeckt wird.



1/1

FIG 1

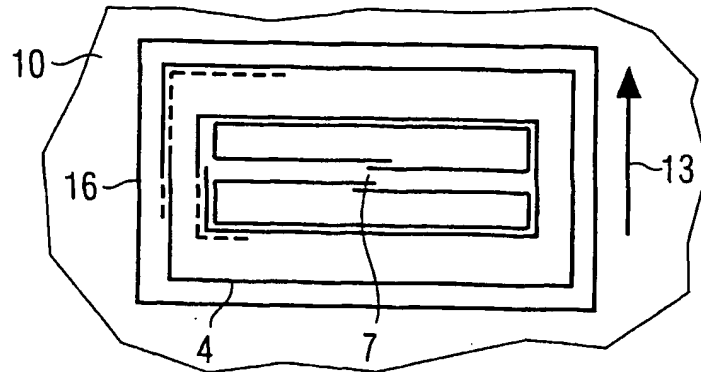


FIG 2

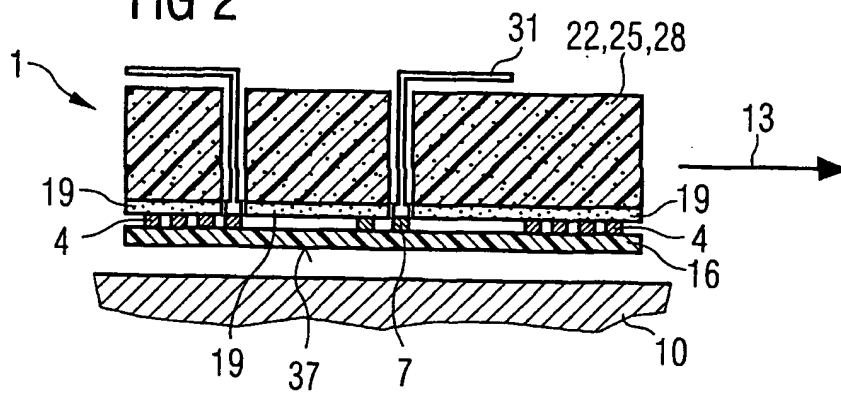
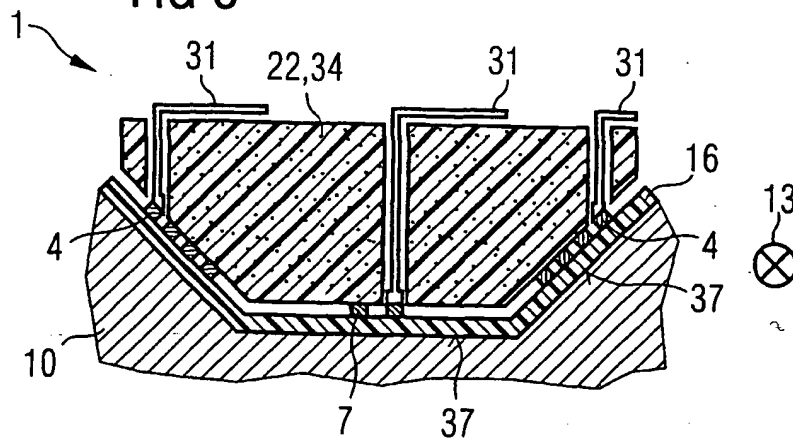


FIG 3



01-07-2005

2003P09732WO

PCT/EP2004/006792

1

## Patentansprüche

1. Wirbelstromsonde (1) für elektrische Messverfahren,  
die ein Substrat (16) aufweist,  
5 das zur Auflage auf einen Prüfkörper (10) kommt,  
wobei auf dem Substrat (16) zwei elektrische Bauelemente  
(47) aufgebracht sind,  
wobei die Sonde (1) mit dem Substrat (16) so flexibel ist,  
dass die Sonde (1) mit dem Substrat (16) sich  
10 verschiedenen Krümmungsradien des Prüfkörpers (10)  
anpassen kann,  
  
dadurch gekennzeichnet,  
  
15 dass die Sonde (1) eine Hinterfütterung (22) mit  
ferritischem und/oder magnetischem Material aufweist,  
die zumindest ein elektrisches Bauelement (4, 7) zumindest  
teilweise abdeckt, und  
die (22) elastisch, insbesondere dauerelastisch  
20 ausgebildet ist,  
dass die Sonde (1) eine Erregerwicklung (4) als erstes  
elektrisches Bauelement und eine Signalspule (7) als  
zweites elektrisches Bauelement umfasst,  
dass die Erregerwicklung (4) die Teilspulen der  
25 Signalspule (7) umschließt und  
dass die Signalspule (7) und die Erregerspule (4) in einer  
Ebene oder auf ein und derselben Oberfläche des Substrats  
(16) liegen.  
  
30  
2. Wirbelstromsonde nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
  
das Substrat (16) eine flexible Folie ist.

35

3. Wirbelstromsonde nach Anspruch 2,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Folie (16) aus Polyimid gebildet ist.

5

4. Wirbelstromsonde nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
10 die Hinterfütterung (22) durch ein elastisches,  
insbesondere dauerelastisches Blech aus einem ferritischen  
Material gebildet ist.

- 15 5. Wirbelstromsonde nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Hinterfütterung (22) durch eine elastische,  
insbesondere dauerelastische Vergussmasse (34),  
20 insbesondere mit Ferritteilchen gefüllt,  
gebildet ist.

6. Wirbelstromsonde nach Anspruch 1,  
25 dadurch gekennzeichnet, dass  
die Sonde (1) zumindest eine Spule (4, 7) als elektrisches  
Bauelement aufweist, die planar auf dem Substrat (16)  
angeordnet sind.

30

7. Wirbelstromsonde nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
35 die Sonde (1) eine ferromagnetische Signalverstärkung (22)  
aufweist.

8. Wirbelstromsonde nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass

die Sonde (1) Krümmungsradien von bis zu 50mm anpassbar  
ist.

9. Wirbelstromsonde nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass

die Hinterfütterung (22) ein gasgefülltes Material ist.

10. Wirbelstromsonde nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass

die Erregerspule (4) und die Signalspule (7) in einer  
Ebene angeordnet sind.

11. Wirbelstromsonde nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass

mit der Sonde (12) der gesamte zu überprüfende Bereich  
abgedeckt wird.